

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

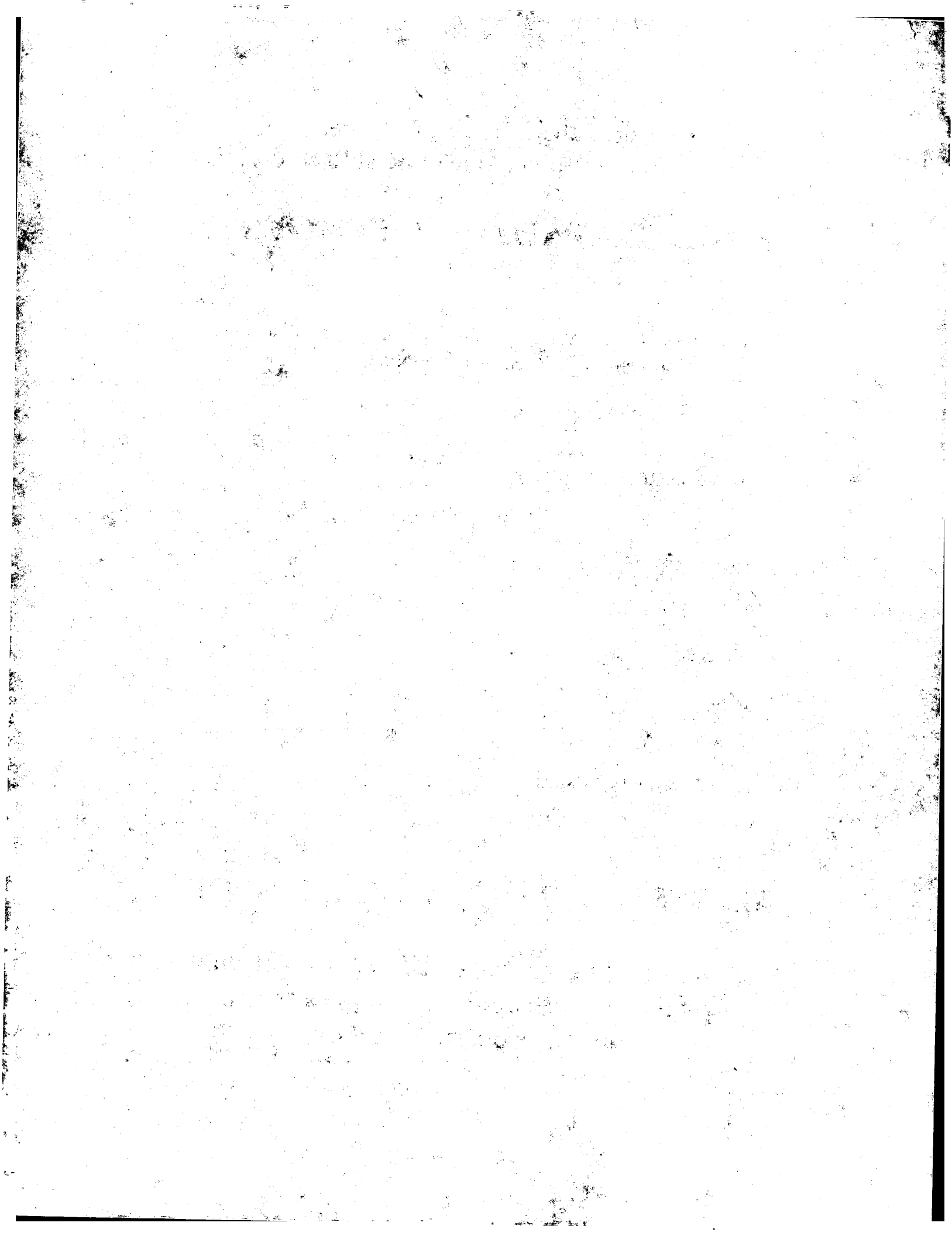
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**





KP 000110807

H01L23/373M
H01L23/427
H05K 5/00 G1 H01L25/07N

Die Modultechnologie von ABB setzt bei Leistungshalbleitern konsequent auf den Einsatz direkt gebondeter Kupfer-Keramik-Substrate als Bodenplatte. Heute ist die Herstellung großflächiger Substrate (100 x 150 mm) mit hoher Ausbeute möglich, und damit auch die Fertigung hochintegrierter Module in dieser Aufbautechnik. Die Kapselung von Leistungshalbleitermodulen unterscheidet drei wesentliche Arten des mechanischen Aufbaus (Bild 1).

p38-41+43+45

Leistungshalbleitermodule in Direkt-Bonding-Technik

Von Reinhold Bayerer,
Johannes Teigelkötter und Sief Wollenberg

Das erste Beispiel (links in Bild 1) zeigt einen Vielschichtenaufbau. Er beginnt mit einer 4 mm dicken Kupferbodenplatte. Darauf gelötet ist eine Keramik zur elektrischen Isolation, der eine gelötete Kupferbahn mit Anschlußelement folgt. Weitere Schichten sind Lot, Molybdän, Lot, Siliziumchip und Oberseitenkontakt. Demnach sind abwechselnd Materialien mit hohen und niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufeinandergeschichtet. Insbesondere die ersten drei Lotschichten werden beim Lastwechsel hohen mechanischen Spannungen ausgesetzt. Das kann zu schneller Ermüdung des Lots führen.

Die Aufgaben der Kapselung, die elektrische Isolation zum Kühlkörper und die Kontaktierung des Siliziumchips werden mit hohem Aufwand gelöst. Im Hinblick auf höhere Integration und größere Flächen ist dieser Technik deshalb eine Grenze gesetzt.

Die Direkt-Bonding-Technik

Mit der von ABB entwickelten DCB-Technologie (Direct-Copper-Bonding) gelang es, die Zahl der Schichten zu reduzieren. In den DCB-Prozess werden dicke Kupferbahnen (300 bis 500 µm) bei Temperaturen >1000 °C mit der Aluminiumoxid-Keramik verbunden. Durch die direkte Verbindung zwischen Cu und Al₂O₃ bestimmt die Keramik die thermische Ausdehnung der Kupfer-



Bild 1. Drei verschiedene mechanische Aufbauten von Leistungshalbleitermodulen im Vergleich.

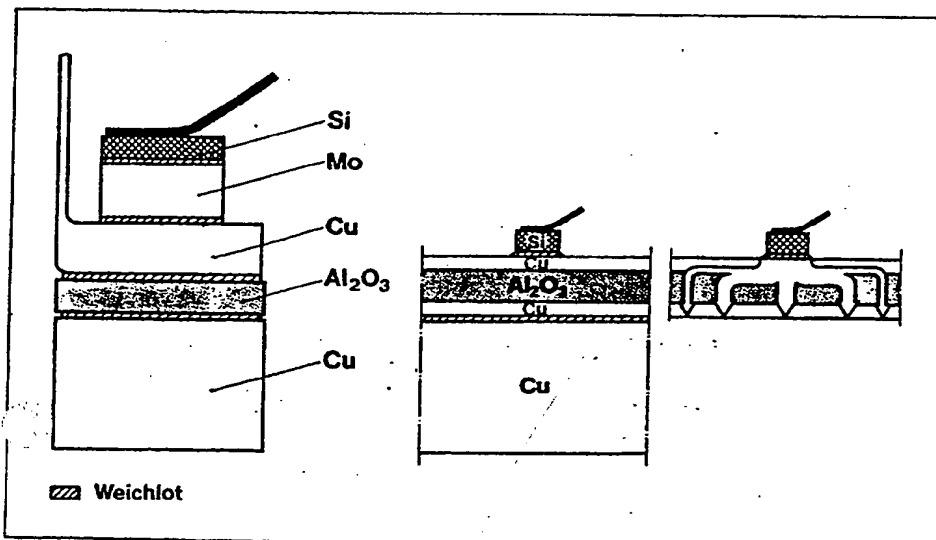
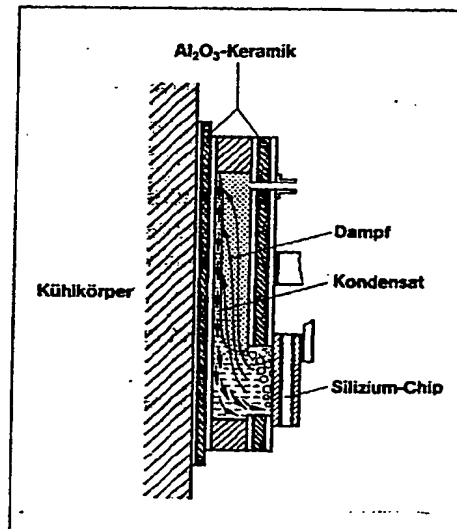
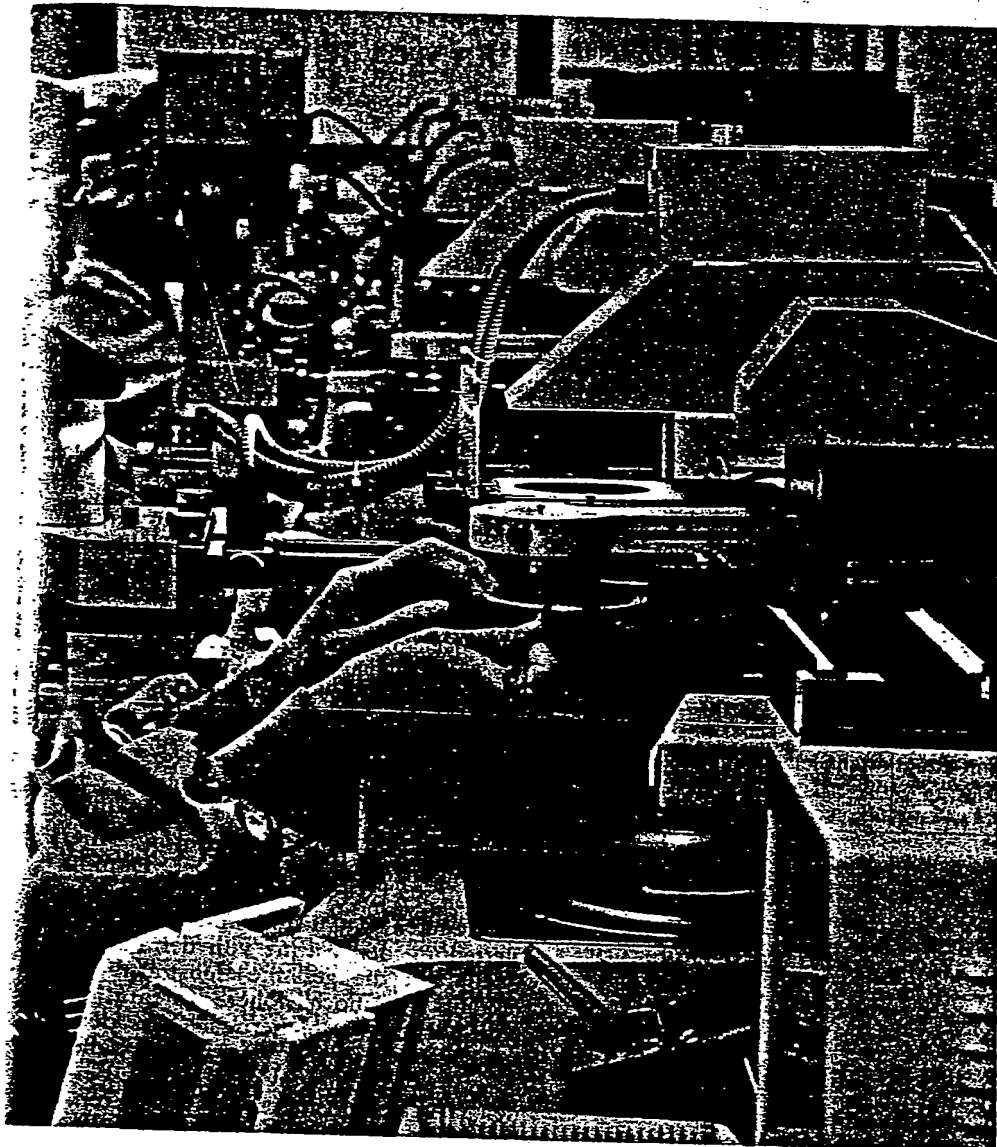


Bild 3. Schnitt durch den Aufbau eines Leistungshalbleitermoduls mit integrierter Siedekühlung.





Maskenjustierung und Belichtung von Leistungshalbleiter-Chips. In einem besonders staubarmen «Gelblicht-Reinraum» werden komplizierte Gate- und Emitterstrukturen von Leistungshalbleitern mit größter Präzision über Fotomasken hergestellt. Bei der Handhabung nutzt man gelbes Licht, da die verwendeten, lichtempfindlichen Fotolacke davon nicht beeinflusst werden. (Foto: ABB)

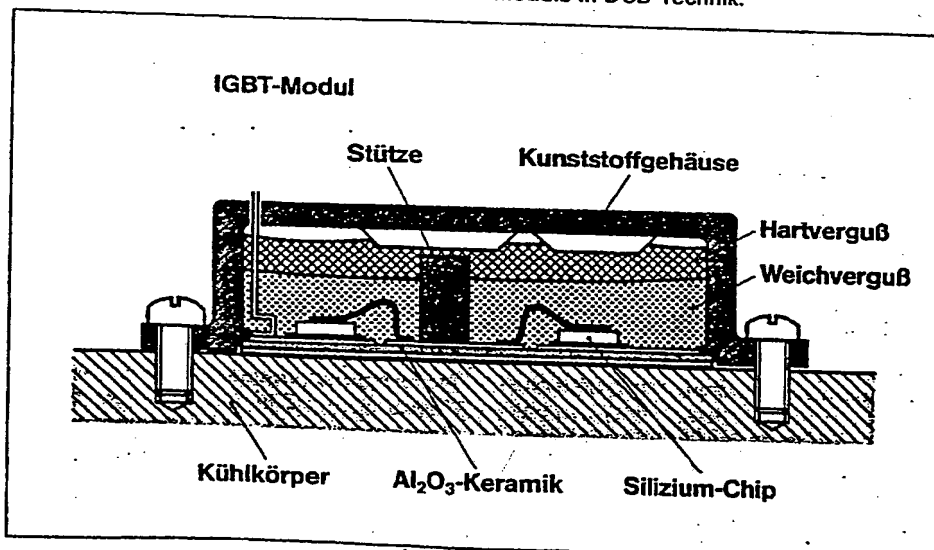
schicht. Das ergibt eine thermische Anpassung von DCB-Substrat und Silizium. Das Lastwechselproblem in der Lotschicht unter dem Siliziumchip ist beseitigt. Die Lotverbindung zwischen Kupferbodenplatte und DCB-Substrat (Bild 1 Mitte) ist jedoch weiterhin thermischen Spannungen ausgesetzt.

Vermieden wird das im Aufbau mit nur einer Lotschicht (Bild 1 rechts). Hier übernimmt das DCB-Substrat gleichzeitig die Funktion der Bodenplatte und ermöglicht eine gute Wärmeableitung. Durch die thermische Anpassung (Silizium-Substrat) kann eine dünne Lotschicht gewählt werden, die den Wärmeübergangswiderstand deutlich verringert. Diese Aufbautechnik ergibt den direktesten Kontakt zwischen Silizium und Kühlkörper. Für den Anwender bedeutet das: Verringerung des Kühlkörpervolumens bei gleichem Strom, des Gewichts und der daraus resultierenden Kosten.

Bild 2 zeigt den Querschnitt eines in DCB-Technik aufgebauten Moduls mit zwei Siliziumchips. Das Substrat sitzt elastisch im Kunststoffgehäuse, kann sich in Grenzen bewegen und sich durch Biegung sogar dem Kühlkörper anpassen. Es wird über das Kunststoffgehäuse an den Kühlkörper angepreßt. Der Druck wird zusätzlich durch eine Stütze zwischen den Wärmequellen verstärkt. So entsteht an den Stellen, wo ein minimaler Wärmewiderstand gewünscht wird, eine dünne Kontaktschicht zum Kühlkörper. Gerade diese Kontaktschichten, die üblicherweise mit einer wärmeleitenden Paste versehen sind, bestimmen in allen Aufbauten den Gesamtwärmewiderstand R_{thk} entscheidend mit.

Ein weiterer Vorteil dieser Modulkonstruktion ergibt sich aus der Auswahl der verschiedenen Vergußmaterialien. Mit steigender Temperatur dehnt sich der fließfähige Weichverguß stärker als das Kunststoffgehäuse oder der Hartverguß in Bild 2 aus. Die verwendeten Werkstoffe sind so aufeinander abgestimmt, daß dadurch ab 125 °C ein Überdruck im Gehäuse entsteht. Da das

Bild 2. Schnitt durch den Aufbau eines IGBT-Moduls in DCB-Technik.



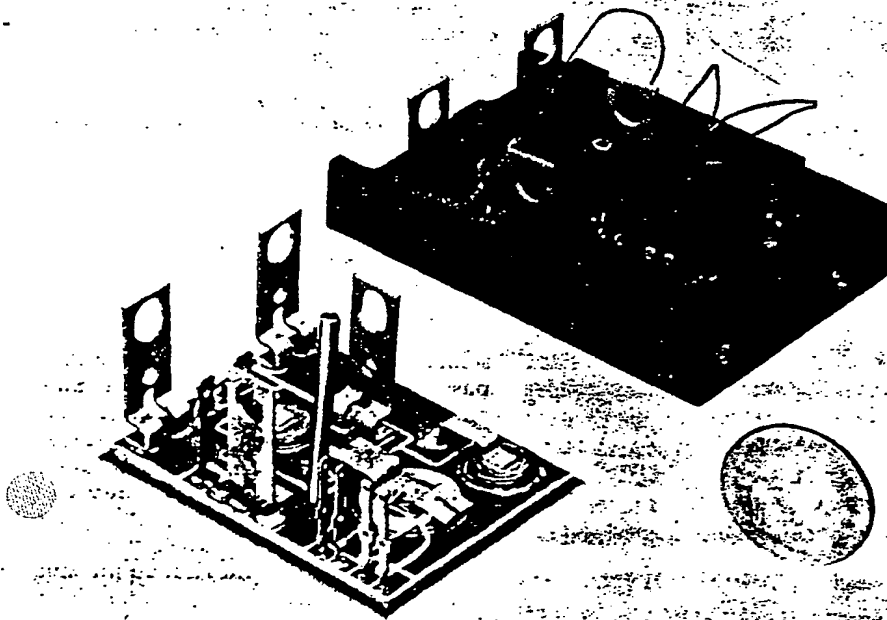


Bild 4. Hochleistungs-Gleichstromstellermodul mit integrierter Siedekühlung.

Um was geht es?

Der Beitrag stellt modernste abschaltbare Leistungshalbleiter, sogenannte IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors) vor, deren Schaltgeschwindigkeit mit der von Leistungs-MOSFET vergleichbar ist. Zusammen mit superschnellen Freilaufdioden ermöglichen sie den Aufbau von IGBT-Modulen. In der fortschrittlichen, von ABB entwickelten Direct-Copper-Bonding-Technologie dient die Kupfer-Keramik-Bodenplatte der Module als Träger der Chips und trennt den elektrischen Pfad vom Wärmepfad. Die geringen thermischen Widerstände bewirken eine gute Wärmeabfuhr.

Die besseren Schaltzeiten der IGBT-Module gegenüber Bipolartransistoren ermöglichen den Einsatz in hochdynamischen Antrieben und Stromversorgungen bis in den Bereich oberhalb der menschlichen Hörschwelle (etwa 16 kHz). Gegenüber MOSFET haben sie den Vorteil, daß sie für höhere Anschlußspannungen und Ströme eingesetzt werden können.

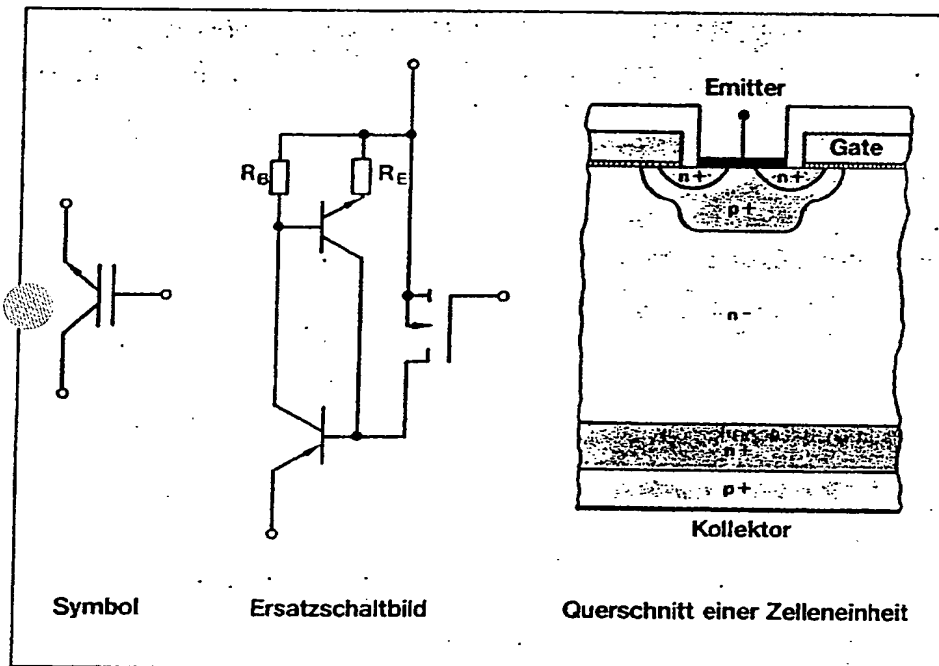


Bild 5. IGB-Transistor, Schaltzeichen, Ersatzschaltbild und Schnitt durch den Aufbau einer Zelleinheit.

Modul am Gehäuse auf den Kühlkörper geschraubt ist, reduziert der Überdruck den Wärmewiderstand.

3-Bodenplatten für Leistungshalbleitermodule sind heute bis zu Substratflächen von 95 x 70 mm in Produktion. Die Grenzen dieser Technik sind damit noch nicht erreicht. Für höchste Lei-

stungen pro Volumen bieten sich zum Beispiel Möglichkeiten der konstruktiven Gestaltung zur besseren Wärmeableitung: ein Wärmerohrsubstrat (heat pipe, Bild 3). Die Kammer enthält eine siedende Flüssigkeit. Sie ist hermetisch von direktgebondeten Kupfer-Keramik-Flächen umschlossen. Die am Silizium-

chip entstehende Wärme wird über eine Mo-Platte abgeleitet und bringt die Flüssigkeit zum Sieden. Der Dampf kondensiert an der dem Kühlkörper zugewendeten DCB-Bodenplatte. Diese Verteilung der Wärme von der Punktquelle auf die gesamte Substratfläche erlaubt eine noch höhere Integration von Leistungshalbleitern. Neben dem stark reduzierten Wärmewiderstand sorgt die Siedekühlung außerdem für einen mit steigender Temperatur sinkenden Wärmewiderstand. Bild 4 zeigt einen Gleichstromsteller-(Chopper-)Modul mit integrierter Siedekühlung für den Elektroautoantrieb.

Eigenschaften des IGBT

Der IGBT hat eine Reihe von Eigenschaften, die sich vorteilhaft beim Einsatz in PWM-Umrichtern (Pulse Width Modulation) für die elektrische Antriebstechnik auswirken [1, 2, 3]. Dazu zählen die Rückwärtssperrfähigkeit, weil sie das Body-Dioden-Problem des Leistungs-MOSFET beseitigt, die hohe Stromtragfähigkeit im Vergleich zu Bipolartransistoren und MOSFET sowie die hohe Schaltgeschwindigkeit. Weiterentwicklungen brachten weitere Verbesserungen in der Schaltgeschwindigkeit und annähernde Beseitigung des «Tail»-Stroms beim Ausschalten. Durch Optimierung der Dotierungen, insbesondere der p+- und der n+-Schichten am Kollektor (Bild 5), sowie der Zellen-

geometrien wurden die Latch-up-Festigkeit erhöht und die Ausschaltzeiten drastisch verkürzt. Die Steigerung der Latch-up-Festigkeit wurde durch Einfügen eines Widerstands R_E im Emittor des npn-Transistors erreicht (Bild 5). Damit kompensieren sich die Spannungsabfälle an R_B und R_E . Ein Einschalten des npn-Transistors wird so durch Gegenkopplung wirkungsvoll verhindert.

Weitere für die Anwendung bestimmende Parameter der IGBT-Module sind das Ausschalt- und Kurzschlußverhalten des IGBT und das «Recovery»-Verhalten der Freilaufdiode.

Ausschaltverhalten

Die Verbesserung der Ausschaltigenschaften gegenüber früheren IGBT-Modulen wird durch die Gegenüberstellung der Abschaltvorgänge unter induktiver Last verdeutlicht (Bild 6). Die Kurven in Bild 6 oben geben Spannungsanstieg und Stromabfall bei 125 °C wieder. Charakteristisch für diesen 10-A/500-V-Typ war der hohe «Tail»-Anteil im Stromverlauf. Die Kurven in Bild 6 unten zeigen die gleichen Verläufe für die 50-A/1000-V-Module. Der Stromverlauf zeigt praktisch keinen «Tail»-Anteil mehr. Die Schaltzeiten sind nahezu unabhängig von der Temperatur. Diese schnellen Abschaltvorgänge sind durchaus vergleichbar mit dem Abschaltverhalten von Leistungs-MOSFET. Die di/dt -Werte sind hier bereits so hoch, daß weitere Steigerungen wegen zunehmender Probleme mit Überspannungen neue niederinduktive Konstruktionen erfordern [4, 5]. Der Trend geht trotzdem zu noch kürzeren Schaltzeiten. Denn die damit verbundene Verminderung der Schaltverluste reduziert den Aufwand für das Kühlkörpervolumen beträchtlich. Eine weitere Miniaturisierung der leistungselektronischen Geräte ist damit vorprogrammiert. Für die Anwendung sind nicht nur die Anstiegs- und Fallzeiten, sondern auch die Verzögerungszeiten zwischen Steuer- und Kollektorsignal von Bedeutung. Sie bestimmen zu wesentlichen Teilen die Reaktionszeiten im Gerät. Der Verlauf der Gatespannung zeigt wie beim MOSFET den steilen Abfall zu Beginn des Abschaltvorgangs. Zu dem Zeitpunkt, zu dem am IGBT langsam die Kollektorspannung von V_{CEsat} heraus ansteigt, verzögert sich die weitere Entladung des Gates. In dem Bereich relativ niedriger Kollektorspannung ist die Kollektor-Gate-Kapazität überhöht. Es entsteht ein Plateau in der Gatespannung, weil hier der gesamte Steuerstrom zur Entladung der Kollektor-Gate-Ka-

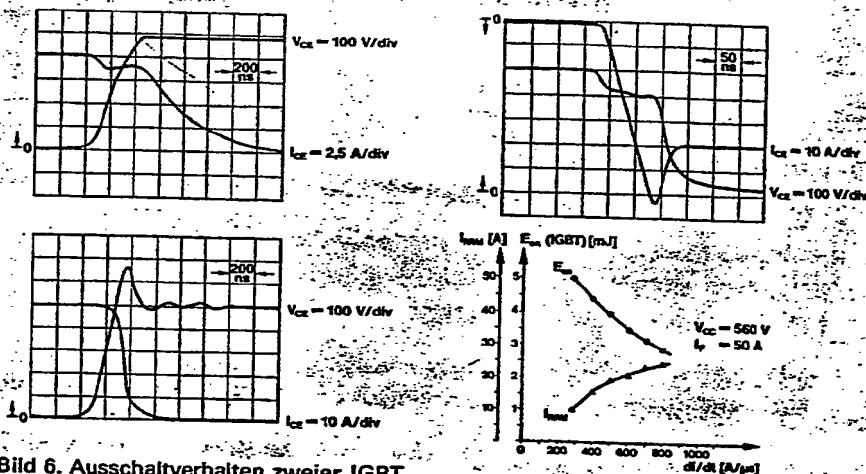


Bild 6. Ausschaltverhalten zweier IGBT-Module im zeitlichen Vergleich. Oben: 10 A/500 V (1985); unten: 50 A/1000 V (1988).

Bild 9. Ausschaltverhalten für $R_G = 50 \Omega$, $di/dt = 800 \text{ A}/\mu\text{s}$ (oben) und Einschaltverlustenergie E_{on} (unten) eines IGBT-Moduls (50 A/1000 V) beim Abschalten der Freilaufdiode sowie Diodenrückstromspitzen I_{RRM} abhängig von di/dt .

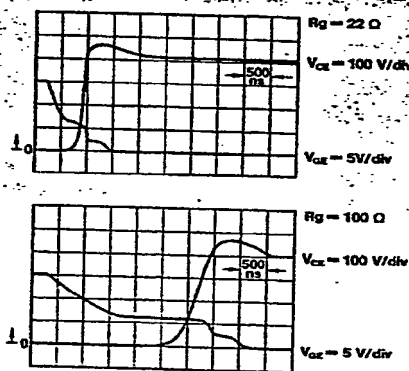


Bild 7. Verzögerung des Ausschaltverhaltens eines IGBT-Moduls (50 A/1000 V) durch Veränderung des Gatewiderstands R_G von 22Ω (oben) auf 100Ω (unten).

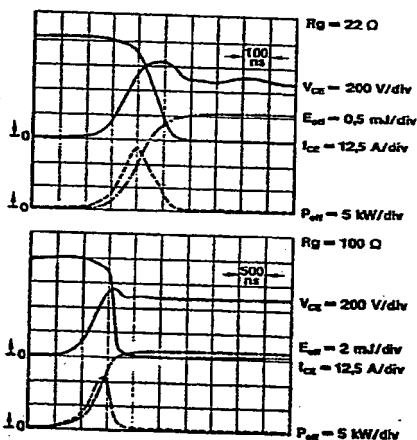


Bild 8. Ausschaltverluste eines IGBT-Moduls (50 A/1000 V) in Abhängigkeit vom Gatewiderstand $R_G =$ oben 22Ω , unten 100Ω .

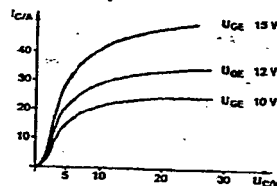
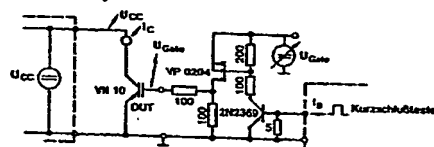
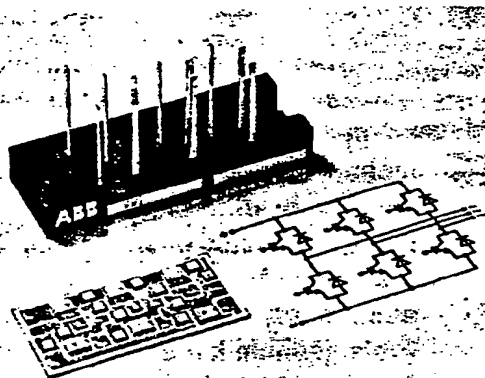


Bild 10. IGBT-Modul, Standard-Kurzschlußtest. Oben: Kurzschlußtestschaltung mit variabler Gateansteuerung; Mitte: Strom/Spannung-Charakteristik des IGBT bei verschiedenen Gatespannungen; unten: typische Kurvenverläufe am IGBT; U_e bleibt, abgesehen von induktiven Spannungen, konstant auf 400 V.

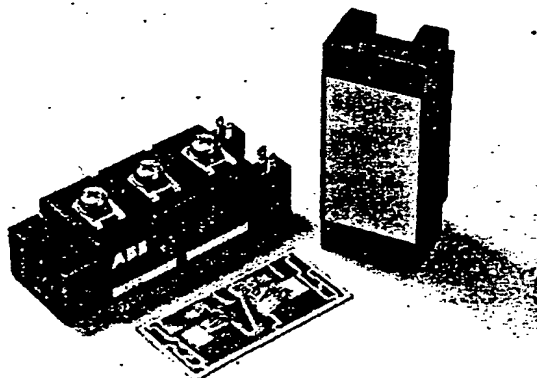
IGBT-Module

ABB bietet in der neuesten Modultechnologie ein breites Typenspektrum verschiedener IGBT-Module an. Die Modulgehäuse der IGBT-Zweigpaare entsprechen in den Abmessungen für die Montage auf einem Kühlkörper und den elektrischen Anschlüssen (Schraub- und Steckkontakte) den marktüblichen Bauformen der Gehäuse für Bipolartransistormodule. Das ermöglicht dem Anwender einfache Aufbauten von Leistungsteilen in vorhandenen Kühlkörperkonstruktionen. Bisherige «Six-pack»-Gehäuse für Bipolartransistormodule erscheinen wegen zu hoher

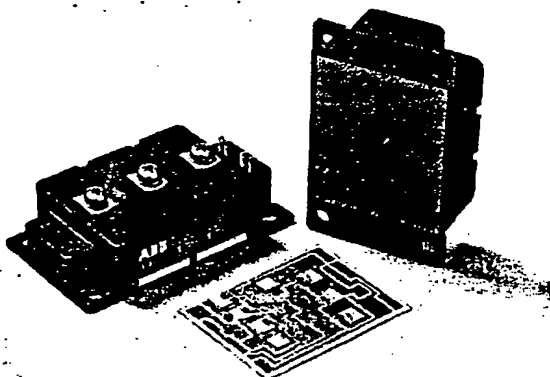
Streuinduktivitäten für schnelle Schaltanwendungen ungeeignet. Darum hat ABB ein flaches Gehäuse (oben) mit lötbaren Anschlüssen gewählt. Damit lassen sich sehr niedrige Streuinduktivitäten und ein Betrieb ohne Überspannungsprobleme realisieren. Die Gehäuse lassen sich in einem Arbeitsgang mit anderen Bauelementen in die Leiterplatte einlöten. Alle IGBT-Module sind in den Spannungsclassen 500, 600, 900 und 1000 V lieferbar. Weitere Entwicklungen zielen auf höhere Spannungen und Ströme. Mit dieser DCB-Technologie lassen sich auch IGBT-Module oberhalb 200 A als Brücken-zweige (Dual-pack) aufbauen.



Oben: IGBT-Modul mit kompletter Wechselrichter-schaltung (sixpack). Der flache, induktivitätsarme Aufbau mit elf Lötanschlüssen ermöglicht eine automatisierbare Platinenfertigung.



Mitte: IGBT-Modul mit Brücken-zweigschaltung im Kunststoffgehäuse mit potentialfreiem Kupfer-Keramik-Boden für 25 bis 100 A. Abmessungen in Millimetern: $L \times B \times H = 94 \times 34 \times 30$.



Unten: IGBT-Modul mit Brücken-zweigschaltung im Kunststoffgehäuse mit potentialfreiem Kupfer-Keramik-Boden für 100 bis 200 A. Abmessungen in Millimetern: $L \times B \times H = 110 \times 62 \times 30$.

pazität benötigt wird. Ein weiteres Plateau entsteht während der Phase mit höherem dv/dt , aber bereits reduzierter Kollektor-Gate-Kapazität. Danach fällt V_{GE} relativ schnell auf $V_{GE} = 0$ V ab. Aus dieser Erklärung für den V_{GE} - und den V_{CE} -Verlauf wird deutlich, daß die so definierte Verzögerungszeit von der Treiberimpedanz abhängt. Bild 7 zeigt, wie über die Veränderung von R_G (Treiberimpedanz) die Verzögerungszeiten und die V_{CE} -Anstiegszeiten einstellbar sind.

Mit der Veränderung des Spannungsanstiegs ändern sich auch die Ausschaltverluste des IGBT.

Bild 8 zeigt erneut die Kollektorspannung V_{CE} , den Kollektorstrom I_{CE} und die Ausschaltenergie E_{off} bei niedrigem und hohem Gatewiderstand.

Für einen Gatewiderstand von $R_G = 22 \Omega$ beträgt die Ausschaltenergie für $I_{CE} = 50$ A, $V_{CE} = 560$ V und $T_J = 125^\circ\text{C}$ nur $E_{off} = 2,2$ mJ. Das dokumentiert die hohe Schaltgeschwindigkeit heutiger IGBT. Sie gestattet über die wichtige Marke von 16 kHz für Motorantriebe hinauszugehen. Damit kann der IGBT auch in getakteten Netzgeräten (SMPS, Switch Mode Power Supply) eingesetzt werden.

Superschnelle Freilaufdiode

Für den Einsatz in PWM-Umrichtern für Motorantriebe im Bereich von 20 kHz ist der aufwandarme Aufbau nur mit superschnellen Dioden möglich. Das ABB-Programm enthält Dioden für Ströme bis zu 200 A. Als vorteilhafte Eigenschaft dieser Dioden gilt neben den geringen Recovery-Verlusten die relativ niedrige Durchlaßspannung. Um die Einschaltverluste der 1000-V-IGBT-Module zu minimieren, stellt die Reihenschaltung dieser 500/600-V-Dioden die beste Lösung dar: das Recovery-Verhalten einer 500-V-Diode verbunden mit niedriger Durchlaßspannung. Durch die Avalanche-Festigkeit ist ein zuverlässiger Dauerbetrieb der Reihenschaltung gesichert.

In Bild 9 oben ist für einen Gate-Widerstand von 50Ω die Rückstromspitze I_{RRM} zusammen mit der Kollektorspannung V_{CE} am einschaltenden IGBT [1] aufgetragen. Beachtenswert sind die geringe Rückstromspitze bei höchstem di/dt und die kurze Sperrverzögerungszeit. Da während des Dioden-Recoverys hauptsächlich Einschaltverluste im IGBT entstehen – die Ausschaltverluste der Diode sind vernachlässigbar –, sind in Bild 9 unten E_{on} und I_{RRM} , die Rückstromspitze in Abhängigkeit von di/dt , aufgetragen. Die di/dt -Werte wurden dabei über den Gatewiderstand R_G eingestellt [1]. Selbst bei steiler Abkomm-

terung entstehen keine Überspannungen am Modul.

Kurzschlußbedingungen

Der Standardtest, der diese Bedingung absichert, ist in Bild 10 [1] wiedergegeben. Der IGBT wird in den Kurzschluß hineingeschaltet. An dem IGBT stehen $V_{CE} = 400 \text{ V}$ an und bleiben während der Einschaltdauer von 5 oder $10 \mu\text{s}$ konstant. Der Kurzschlußstrom wird nur von dem Bauelement selbst gemäß dem Ausgangs-Kennlinienfeld begrenzt. Zum Ende schaltet der IGBT den Kurzschlußstrom ohne Zerstörung ab.

Bild 11 stellt den heutigen Stand eines 10-A-IGBT dar. Die Strombegrenzung tritt bei $V_{GE} = 15 \text{ V}$ bereits bei $I_{CE} = 40 \text{ A}$ ein. Damit wurde die Strombegrenzung im Kurzschlußfall von 90 auf 40 A reduziert.

Allerdings bringt die Steigerung der Schaltgeschwindigkeit (Bild 6) trotz reduziertem Überstrom drastisch erhöhte di/dt -Werte mit sich. Diese verursachen gerade im Kurzschlußfall extreme Überspannungen, die schwer zu begrenzen sind. Der Kurzschlußtest in Bild 11 unten wurde in extrem niedrig-induktivem Aufbau durchgeführt. Dadurch bleiben die Überspannungen auf einen zulässigen Wert begrenzt. Im Gegensatz zur Kurzschlußbedingung in Bild 10 und in Bild 11 ist eine noch härtere Bedingung denkbar, unter der der IGBT aus einem Sättigungszustand heraus durch einen Kurzschluß plötzlich hohe Spannung aufnehmen muß. Durch die Überschwemmung des IGBT mit Minoritätsladungsträgern im Anfangszustand wäre ein erhöhter Überstrom zu erwarten. Bild 12 oben zeigt die Testschaltung, mit der diese Bedingungen eingestellt werden. Aus der Stromquelle I_0 erhält der IGBT einen konstanten Vorstrom. In diesen Zustand hinein zündet der Thyristor Th_1 , wodurch der Kurzschluß mit der Spannungsquelle V_0 hergestellt wird. Da hier neben hohen Strömen auch noch hohe Spannungsteilheiten auftreten, reizt dieser Test die Leistungsfähigkeit des Bauelements voll aus.

In Abhängigkeit von dem Schaltungsaufbau zeigen sich in diesem Test unterschiedliche Signalverläufe. Im Fall niedriger Gateimpedanz (Bild 13 oben) hat der Spannungsanstieg keinen Einfluß auf die Gatespannung, und es werden keine überhöhten Kurzschlußströme beobachtet. Geschieht die Gateansteuerung zu hochohmig oder ohmsch/induktiv, erzeugt der Spannungsanstieg am Kollektor eine Erhöhung der Gatespannung. Dies führt zu einer Überhöhung des Kurzschlußstroms, der aber rasch abklingt. Eine

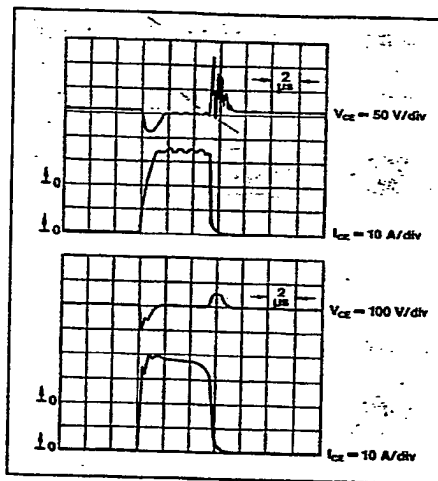


Bild 11. 10-A-IGBT, Standard-Kurzschlußtest. Oben: hohe Kreisinduktivitäten und induktive Überspannungen; unten: extrem niedrige Kreisinduktivitäten.

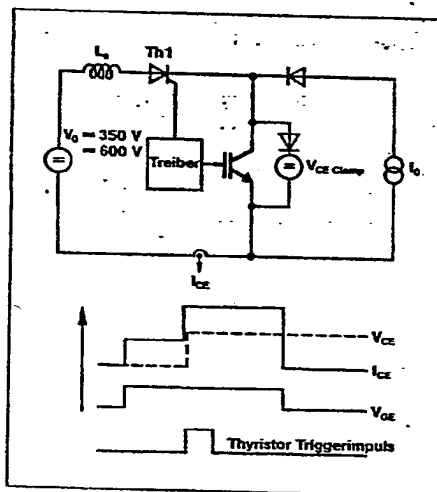


Bild 12. Kurzschlußtest am gefluteten IGBT. Oben: Testschaltung; unten: typischer Signalverlauf.

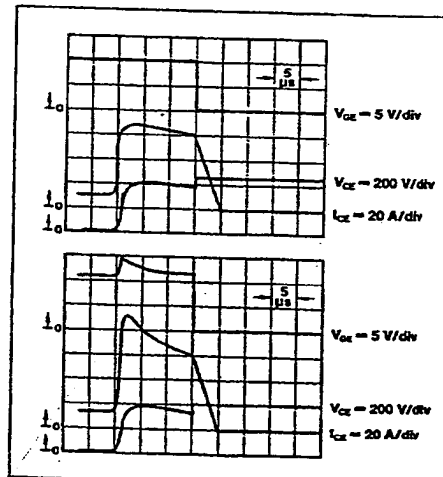


Bild 13. Kurzschlußtest am gefluteten IGBT (20 A). Oben: niederinduktiver Aufbau; unten: hohe Induktivitäten und Widerstände im Gatekreis.

Überhöhung des Stroms durch die Sättigung im Anfangszustand wurde nicht gefunden.

Abgesehen von der Kurzschlußbeherrschung über den Schalter selbst, steigt grundsätzlich mit der Verbesserung der Schaltgeschwindigkeit der Bedarf an einer Ansteuerschaltung, die extreme Überströme durch schnelles Erkennen und Abschalten von vornherein verhindert. Eine einfache Möglichkeit zur Erkennung eines Kurzschlusses besteht in der Überwachung der Kollektor-Emitter-Spannung. Durch Weiterentwicklungen werden in Zukunft neben Modulen mit Stromsensoren sicher auch solche mit interner Überwachung (selbstschützende Module) angeboten werden.

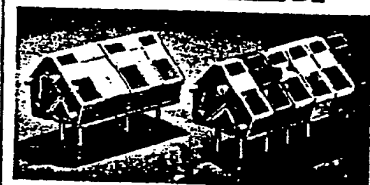
72 9

Literatur

- 1 Bayerer R., Teigelkötter J.: New IGBT-Modules (Half-Bridge) with ultra-fast free wheeling diodes in isolated package. PCI-Proceedings '87, München.
- 2 Bayerer R., Teigelkötter J.: IGBT-Halbbrücken mit ultraschnellen Dioden. etz, Bd. 108 (1987), Heft 19, S. 922-924.
- 3 Bogs H., Weißjohann H.: Module der Leistungselektronik mit integrierter Siedekühlung. DVS-Berichte, Band 110 (1988), S. 14-17.
- 4 Neidig A.: Modules with solder contacts for high power application. IEEE Ind. Appl. Soc. IAS (1984), Ann. Meeting, p. 723.
- 5 Lorenz G.: Geräte ohne Drähte. Konstruktion & Elektronik, Okt. (1986), S. 40-47.
- 6 Bayerer R., Teigelkötter J.: IGBT Half-Bridge Modules operate at 20 kHz. PCIM Dec. (1987), pp. 19-35.

Inserat

**schraubenlos
ist
zuverlässig!**



WAGO GdS Anschlußklemmen

Mit dem schraubenlosen WAGO Käfigzugfeder-Anschlußsystem für alle Leiterarten.

Unter allen Einsatz- und Verarbeitungsbedingungen rüttelsicher, schnell & wartungsfrei, d. h. zuverlässig, zeit- und kostensparend.

Bitte Katalog und Muster anfordern!

WAGO

WAGO CONTACT S.A.
1564 Domdidier
Tel. 037 75 33 33
Telex 942052

auch zu beziehen von
SICOVEND AG, Wallisellen
Tel. 01 630 31 61

WCH 4/84